用户使用说明书

Sinpower SPS 系列 静止无功发生器





目录

1 安全说明

本说明对于正在工作的设备非常重要，忽略这些说明可能对您造成身体损害甚至导致死亡。

所有的电气安装和日常维护必须在断电的情况下进行操作！

不要尝试在运行中的设备上进行维护！电击可能致命，不要接触带电的部件！电弧火花可能伤害眼睛，灼伤皮肤，损坏设备以及引燃易爆物体；防止工具造成短路！

不恰当的使用会损伤此设备及相接的设备。

切断主回路后，等待至少一分钟，确保直流侧电压降至 0V 后进行维护。直流侧电压可能超过 1000V。

操作电流互感器时，保证互感器的次级是短接的。不能让任何电流互感器的次级开路。

在安装操作和维护设备前确保阅读、理解和遵守本操作/手册上所有说明，不要等到设备出现了问题或需要帮助时才使用该手册。保留此手册以备后用，让每个操作人员都可以阅读到手册。

裸露的导体或输出电路接头以及没有接地的带电设备都可能导致人员触电。让合格的电气工程师来确认此设备已充分接地，并要知道哪些线头和元件是带电的。不要接触设备上带电部分。使用合适的安全服装、安全操作过程以及测试工具。在潮湿情况下，人体电阻会下降，此时可能有危险的大电流通过人体。不要在潮湿地方检修设备。当在潮湿或汗水的条件下工作无法避免时，可以站在一块干燥的橡皮垫或干木板上，并使用绝缘手套，保持衣服干燥，不要单独工作。

2 注意事项

2.1 接收和检查设备

静止无功发生器在出厂前已经经过全面测试和检查，并根据安全运输的要求进行过运输准备，但在长途运输过程中，设备上固定零件仍有可能由于振动颠簸等原因而松动，因此收到该设备后，请进行如下检查：

a） 用视觉检查运输的包装箱有无损坏。如果发现任何损坏，则要求运输代理检查运输情况并在运输接收单上记录损坏情况；

b） 如果包装箱上没有明显损坏，按下列步骤打开包装；

c） 拆卸包装箱时，应尽量小心。如果使用杠、锤等工具来拆除包装箱时，要小心以免损坏设备；

d） 视觉检查设备上无外部损坏，如面板擦伤、掉漆、凹陷等。检查有无松动元气件和连线。如运输有损伤应要求索赔，在索赔过程中需要协助，请联系生产厂家。

2.2 运输

每套静止无功发生器均是通过木箱包装后运输的，这样能够保证设备在运输过程中不被损坏。

静止无功发生器运输过程中不能倒置或平放。

2.3 储存

静止无功发生器的包装可以在室内存放 6 个月（自发货之日起），如果需要存放更长时间的话，订货时可以提出制作可以存放时间更长的包装。

如果不是立即安装使用的话，静止无功发生器应该放置于干燥、通风和无腐蚀性物质的仓库内，仓库内应无强烈的机械振动、冲击和磁场作用。存储极限温度最低-40℃，最高55℃。

空气相对湿度最低15%，最高90%（20℃以下时）。

2.4 长时间储存

如果您的静止无功发生器的存储时间超过一年，那么电解电容应该重新充电一次。如果没有重新充电的话，电解电容可能发生损坏使静止无功发生器不能正常工作。

充电方法在设备的定期维护程序中有详细介绍。

3. 静止无功发生器的原理和特性

3.1 静止无功发生器的基本原理

静止无功发生器（Static Var Generator以下简称SVG）是一种用于动态补偿无功的新型电力电子装置，它能对大小变化的无功进行快速和连续的补偿，其应用可克服LC补偿器等传统的无功补偿器响应速度慢、补偿效果不能精确控制、容易与电网发生并联谐振和投切震荡等缺点。其基本原理是指将自换相桥式电路通过电抗器直接并联在电网上，适当地调节桥式电路交流侧输出电压的相位和幅值或者直接控制其交流侧电流，就可以使该电路吸收或者发出满足要求的无功电流，实现动态无功补偿的目的。

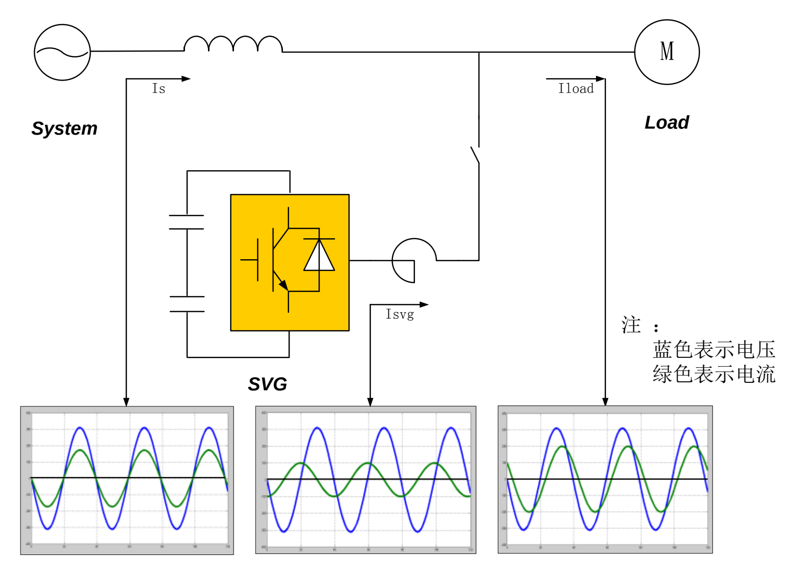


图3.1 静止无功发生器基本原理

3.2 静止无功发生器的系统构成

下图3.2为静止无功发生器的系统框图。图中，e_S表示交流电源，负载产生谐波并消耗无功。静止无功发生器系统由两大部分组成，即指令电流运算电路和补偿电流发生电路。其中指令电流运算电路的核心是检测出补偿对象电流中的无功电流分量。补偿电流发生电路的作用是根据指令电流运算电路得出的补偿电流的指令信号，产生实际的补偿电流，它由电流跟踪控制电路、驱动电路和主电路三个部分构成。主电路目前均采用PWM变流器。

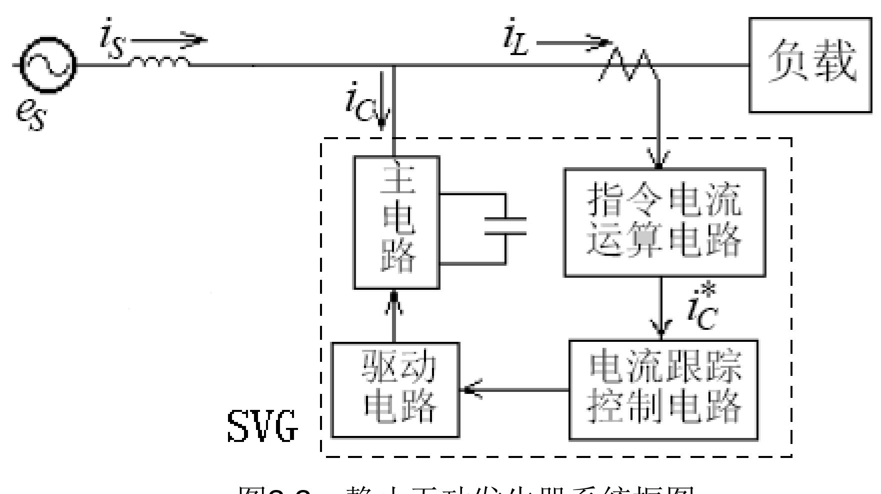


图3.2 静止无功发生器系统框图

下图3.3为静止无功发生器的系统原理图。图中e_a 、e_b 、e_c 为交流电源，谐波电流源为非线性负载，L_{sa} 、L_{sb} 、L_{sc} 分别代表三相的电网阻抗。而静止无功发生器主要由以下几部分组成，指令运算电路，电流跟踪控制电路，驱动电路以及主电路。其中指令运算电路的主要任务是按照要求检测出负载电流中的谐波、无功以及负序分量。电流跟踪控制电路，驱动电路以及主电路合在一起可以称为补偿电流发生电路，它的主要作用是根据指令运算电路得出的补偿指令，产生实际的补偿电流。主电路主要由IGBT构成的电压型PWM变流器，以及与其相连的电感和直流侧电容组成。

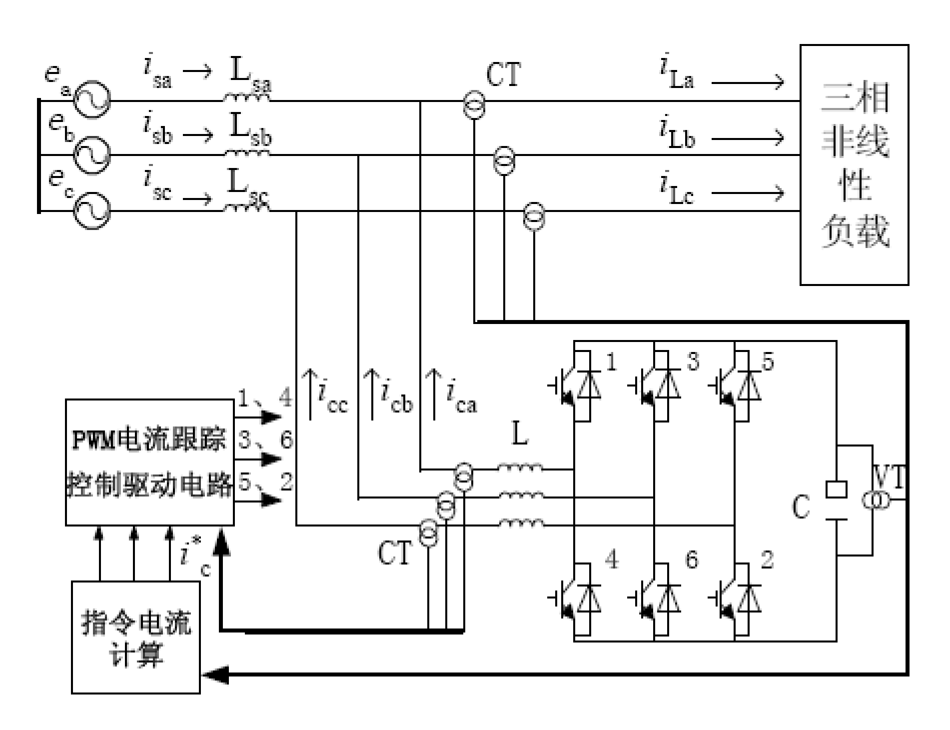


图 3.3 静止无功发生器系统原理图

3.4 静止无功发生器特性

3.4.1 补偿无功

静止无功发生器补偿负载无功电流时的等效电路图如下图所示。图中下标p和q分别表示有功分量与无功分量

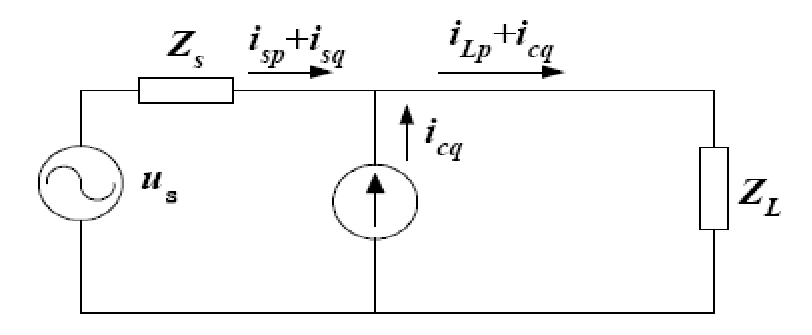


图3.4 补偿无功时的等效原理图

从图中可以得到，电网侧的无功电流可以表示为：

$$i_{sq}=(i_{Lq}-i_{cq})\frac{z_L}{z_s+z_L}$$

只要控制静止无功发生器的输出电流使其满足$i_{cq}=i_{Lq}$，即可使电网侧的无功电流$i_{sq}=0$。

对谐波和负序及无功的补偿实验

图3.5为静止无功发生器对负载电流中的谐波、负序及无功全部进行补偿后电网电流的波形。

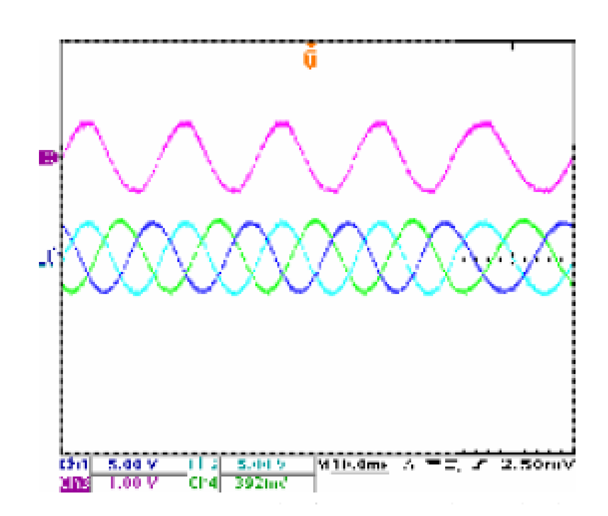


图3.5 谐波和负序及无功补偿后电网电流

U1 : 230.98 VRMS
I1 : 20.129 ARMS
P1 : 4.6179kW
λ1 : 0.9932

图3.6 补偿后功率因数

3.5 静止无功发生器性能

3.5.1 电气性能：

静止无功发生器电气性能如下表所示：

序号	指标项目	技术要求	备注
1	输入电压范围	交流 400×（1±15%）V/ 交流 600×（1±15%）V	
2	补偿效果	额定容量内功率因数达到 0.95 以上	
3	额定无功容量	100kvar——750kvar	
4	损耗	≤2%	额定容量情况下
5	瞬变响应时间	≤5ms	负载或输入电压 突增或突降
6	外壳防护等级	IP20	
7	噪音	≤65dB	

3.5.2 保护功能

a．输出超限保护

当负载无功容量超出静止无功发生器补偿能力时，静止无功发生器按最大能力输出（即限流输出），不会出现因为负载容量过大而引起静止无功发生器线路烧毁的情况。

b．过温度保护

静止无功发生器内部功率半导体部分温度超过85±2ºC时，静止无功发生器自动切断主回路，操作面板上“故障”灯亮，液晶显示面板提示过热故障。

c．直流母线过压保护

直流母线电压超过保护设定值时，静止无功发生器自动切断主回路，操作

面板上“故障”灯亮，液晶显示面板提示过压故障。

d．变流器过流

静止无功发生器变流器输出电流超过IGBT额定电流时，将由驱动模块报出故障，同时静止无功发生器自动切断主回路，操作面板上“故障”灯亮，液晶显示面板提示过流故障。

e．输入电压欠压保护

静止无功发生器输入电压低于保护设定值时，静止无功发生器将不能正常启动，液晶显示面板提示输入欠压故障。

f．输入缺相保护

当输入缺相时，静止无功发生器将不能启动，液晶显示面板提示输入缺相故障。

g．输入错相保护

当输入错相时，静止无功发生器接触器不能吸合，静止无功发生器不能启动。

4. 静止无功发生器的组成和功能

4.1 静止无功发生器的组成和功能

如图 3.2 所示，**静止无功发生器**电路结构包括主电路、驱动电路、电流跟踪电路和指令运算电路。

4.1.1 主电路

静止无功发生器 主电路图

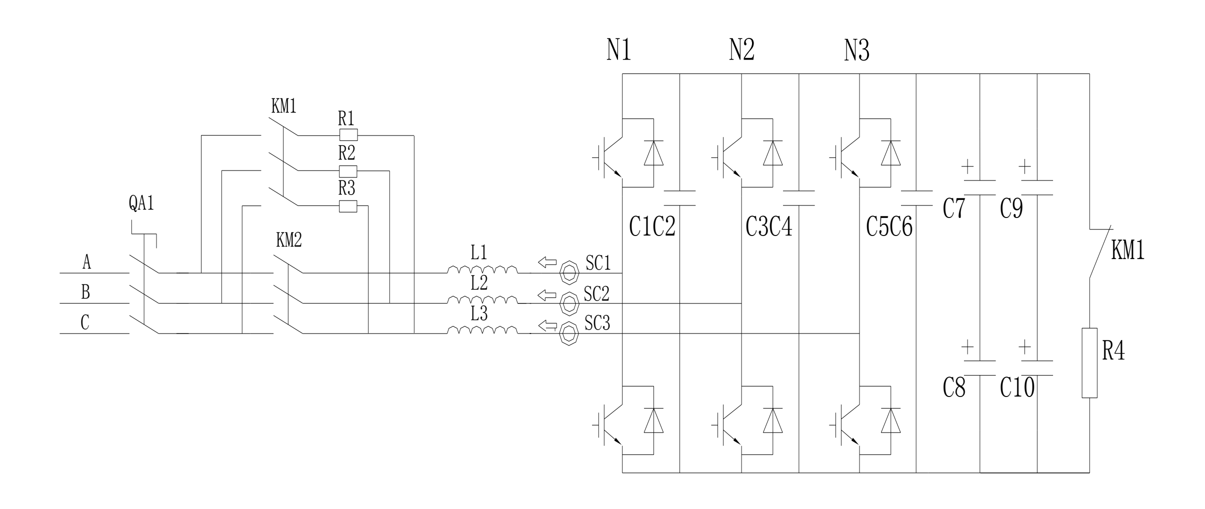


图 4.1 主电路图

主电路由断路器、交流接触器、进线电感、PWM 变流器、电解电容和滤波电容组成；

主电路采用三相全桥电压型 PWM 变流器；

电解电容用来储存直流侧能量；

滤波电容的作用的滤出直流侧的毛刺；

进线电感的作用在于 PWM 变流器的输出电压和电网电压的差值作用其上产生补偿电流。

4.1.2 继电回路

静止无功发生器 继电回路包括继电控制、电源系统和同步信号三部分。

电源系统主要是给控制系统供电，它由进线变压器、交流静止无功发生器、开关电源、负载电流转接板组成。

电源系统的变压器有两路输出，其分别给冷却系统、控制回路（220V）和继电回路供电（24V）；

变压器为400V（600V）/220V及400V（600V）/24V，用来把电网电压降压使用，防止开关电源在高压环境下不能正常使用，它的另外一个作用就是隔离电源系统与电网；

静止无功发生器主要是滤除进线电压的谐波成分，使得开关电源更好的工作，并且能够改善电源部分的EMI；

开关电源和负载电流转接板用来提供控制系统所需要的直流电压，由开关电源S-150-48提供48V；

继电回路由主接触器、急停按钮、负载电流转接板、显示灯；

继电控制是控制系统与继电回路的联系，它用来传递启动、故障等信号。

同步信号由一个同步变压器提供。

4.1.3 驱动电路

驱动电路由电源部分、驱动部分、保护部分组成：

电源用来提供驱动模块正常工作时电源；

驱动部分包括驱动模块和相关的外围电路；

保护部分主要是检测PWM变流器的电流和温度信号，必要时停止PWM变流器。

4.1.4 控制系统

静止无功发生器的控制系统由指令运算电路和电流跟踪电路组成：

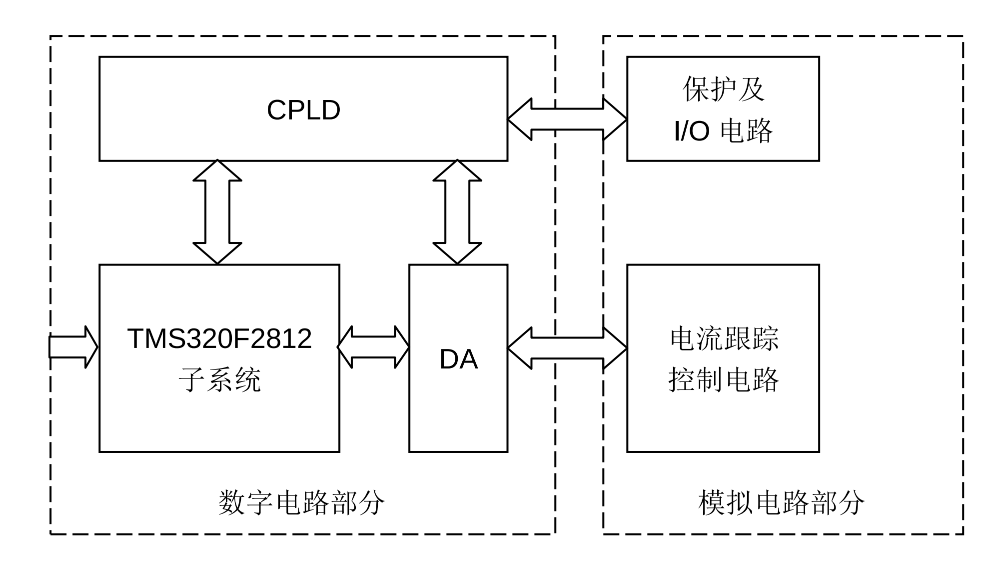


图4.2 控制系统构成示意图

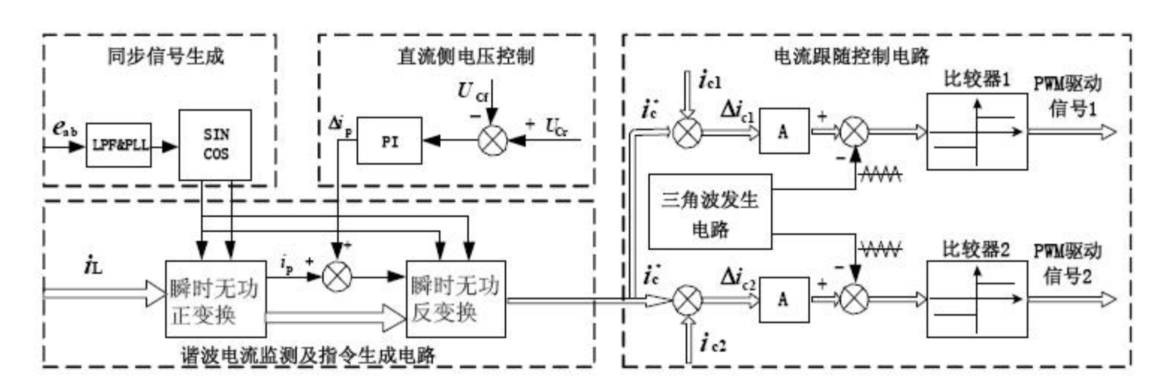


图4.3 控制系统控制策略示意图

4.1.5 液晶显示

静止无功发生器液晶显示功能如下：

1、 系统侧电压、电流、有功功率、视在功率、功率因数

2、 负载侧电压、电流、有功功率、视在功率、功率因数

3、 静止无功发生器输出三相电流（RMS）显示；

4、 静止无功发生器运行模式设置、补偿方式设置、时间设置；

5、 信息查询。

为了实现以上功能，液晶显示由 LCM 控制板、按键和液晶屏组成。

4.1.5.1 LCM 控制板

信号从 DSP 控制板输入到 LCM 控制板，由控制系统进行处理后由液晶屏显示出来，它的另外一个任务是与静止无功发生器控制系统进行通讯，实现某些参数的设置。

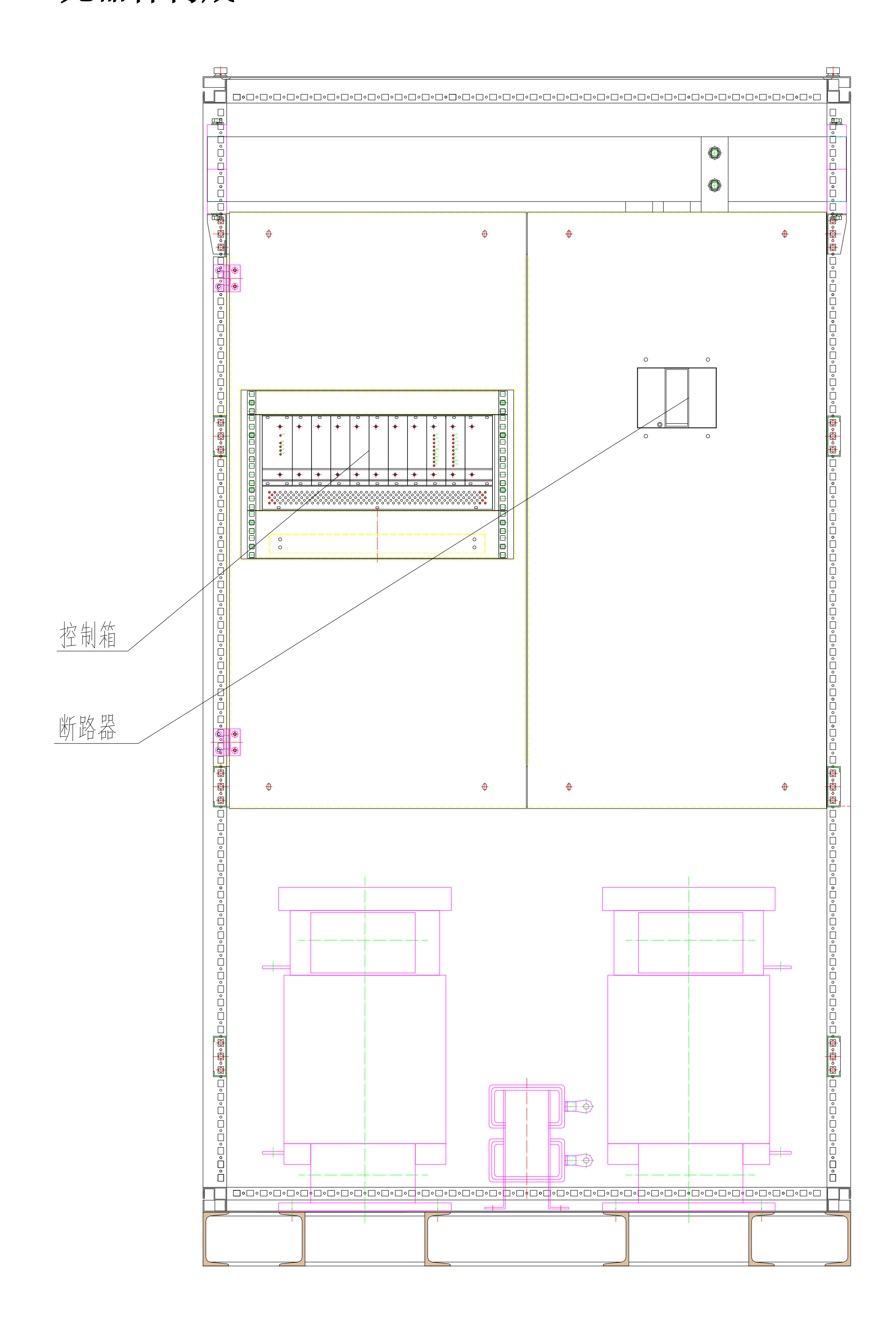
4.1.5.2 按键

液晶显示按键包括：运行/停止键、F1、F2、F3、F4、K1、K2、K3、K4 共 9 个按键，用来实现液晶显示和设置的各种操作。

4.1.5.4 液晶显示屏

液晶显示屏的作用就是将控制板传来的信号根据系统指令显示出来。

4.2 元器件构成



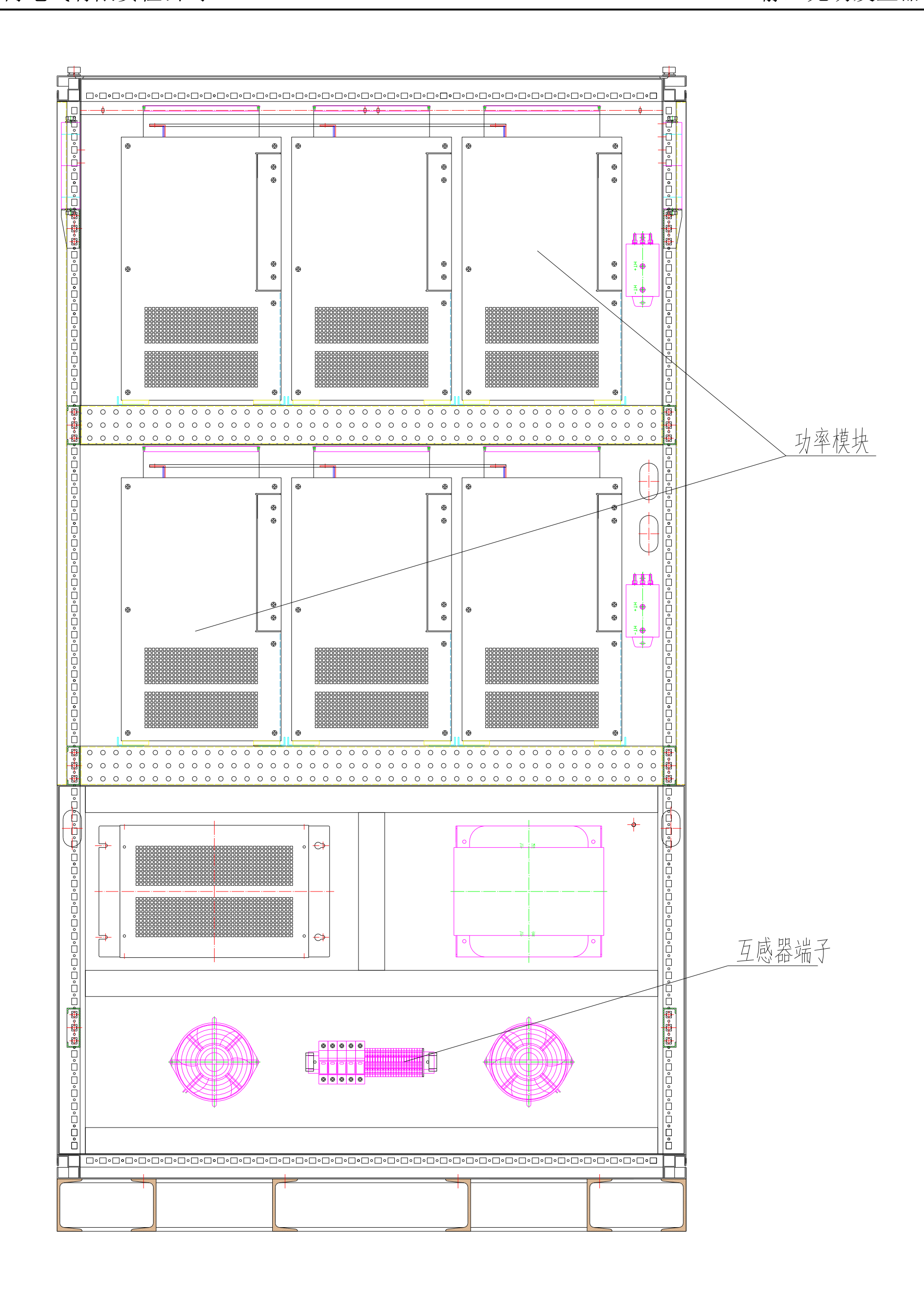


图 4.9 元器件布置图

5. 操作说明

静止无功发生器柜体前面板上包含急停按钮、指示灯及液晶。

5.1 按钮操作

静止无功发生器 设计时考虑到静止无功发生器应用的大众性，在设备柜前

面板上只设置了急停按钮，发生紧急情况时可按下急停按钮使静止无功发生器停止运行，之后断开静止无功发生器断路器使静止无功发生器从电网中切除。

静止无功发生器的参数设置等功能由液晶显示面板完成。

5.2 指示灯

电源指示灯：静止无功发生器的控制器已接通电源；

运行指示灯：静止无功发生器处于运行状态；

故障指示灯：静止无功发生器处于故障状态。

5.3 操作时序

操作时序	运行模式		备注
	自动	手动	
启动	1. 闭合断路器，整机上电；APF 自动运行，液晶左上角显示“地址码·本控/自动运行”。	1. 闭合滤波器的断路器，整机上电； 2. 轻按液晶显示面板中的“运行/停止”键，液晶显示界面中的“待机”变为“手动运行”，即可；	运行模式出厂默认设置为手动运行
停止	1. 轻按液晶显示面板中的“运行/停止”键，液晶显示界面中的“自动运行”变为“待机”； 2. 按下“急停”按钮，操作面板的“故障/急停”灯亮 3. 分断断路器，停止整机供电。	1. 轻按液晶显示面板中的“运行/停止”键，液晶显示界面中的“手动运行”变为“待机”； 2. 按下“急停”按钮，操作面板的“故障/急停”灯亮 3. 分断断路器，停止整机供电。	
故障复位	1. 分断断路器，停止整机供电； 2. 闭合断路器，使整机重新供电，可恢复的故障自动复位。	1. 分断断路器，停止整机供电； 2. 闭合断路器，使整机重新供电，可恢复的故障自动复位。	

5.4 液晶操作

静止无功发生器 液晶操作按键有：运行/停止键、F1、F2、F3、F4、K1、K2、K3、K4 及四个功能键，对应不同的显示界面有不同的作用。详见以下操作流程。

启动静止无功发生器时，液晶显示自动进入显示“系统信息”，见图 5.1.

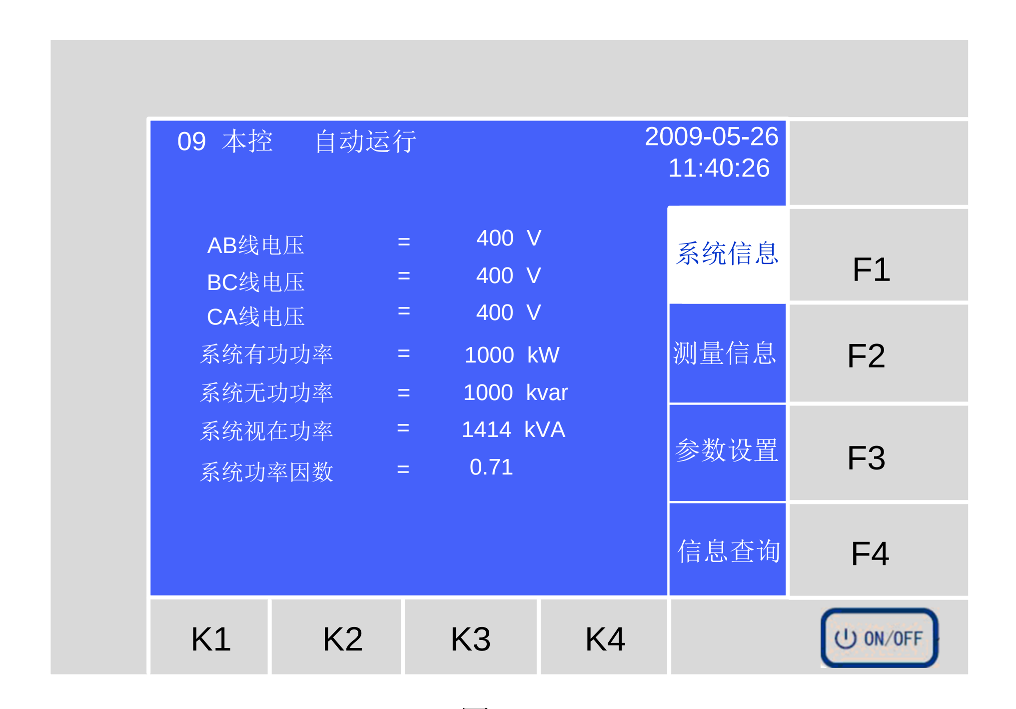


图 5.1

测量信息界面包括网侧信息、负载信息和 SVG 电流。

09 本控 自动运行 2009-05-26 11:40:26

	A	B	C	
Ir	1224	1224	1224	A
H1	1024	1024	1024	A
H5	521	521	521	A
P	856	856	856	kW
Q	214	214	214	kvar
S	882	882	882	kVA
PF	0.85	0.85	0.85	
DPF	0.89	0.89	0.89	

网侧信息 F1
负载信息 F2
SVG电流 F3
F4

波形 退出

K1 K2 K3 K4 ON/OFF

09 本控 自动运行　　2009-05-26 11:40:26

	A	B	C	
Ir	1224	1224	1224	A
H0	1024	1024	1024	A
H5	521	521	521	A
P	856	856	856	kW
Q	214	214	214	kvar
S	882	882	882	kVA
PF	0.85	0.85	0.85	
DPF	0.89	0.89	0.89	

网侧信息　F1
负载信息　F2
SVG电流　F3
F4
退出
K1　K2　K3　K4　ON/OFF

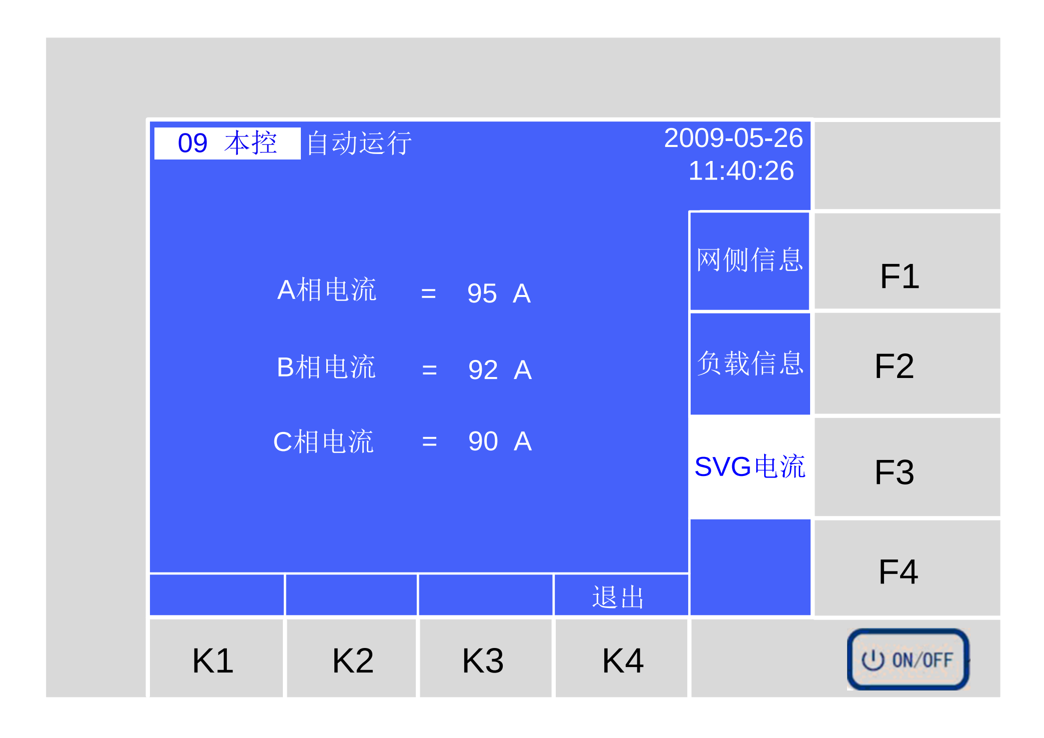
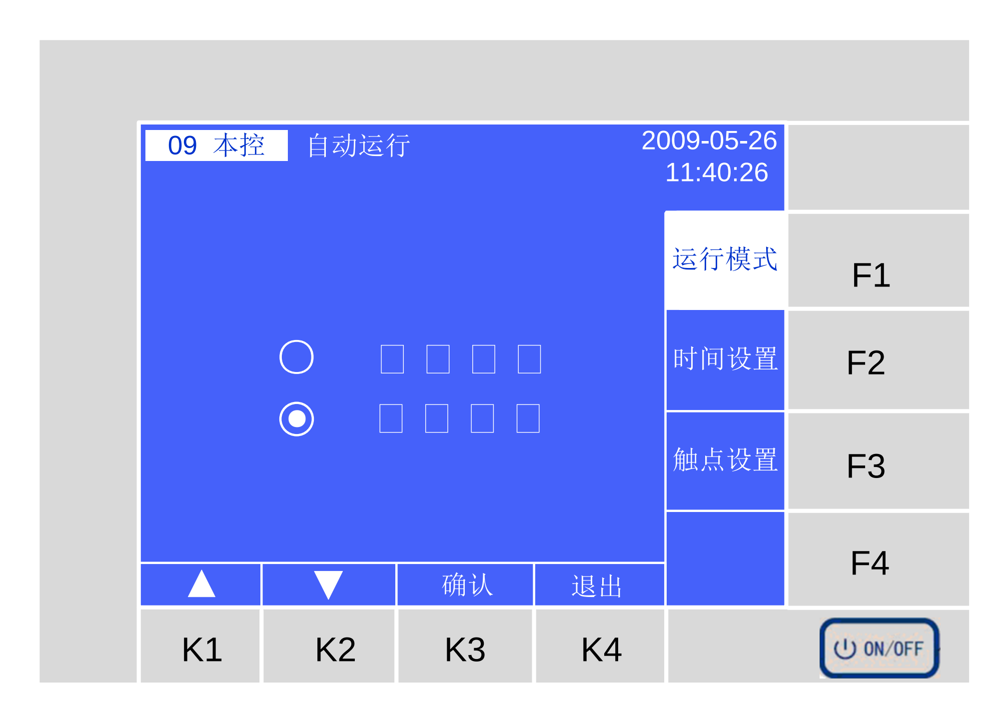
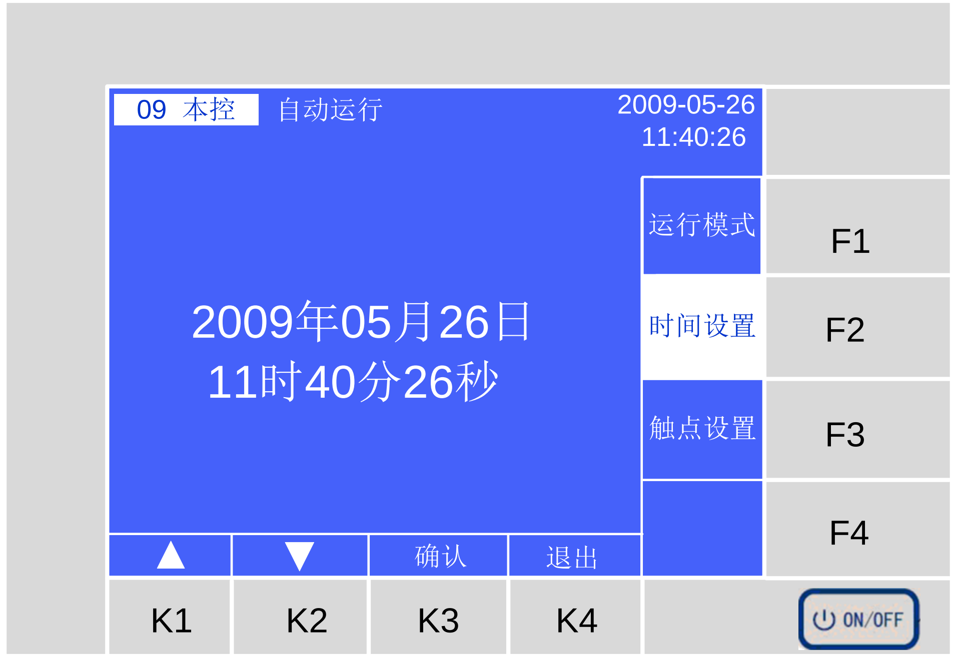


图 5.2 测量信息界面

参数设置包括运行模式、时间设置和触点设置界面，见图 5.3


09 本控
自动运行
2009-05-26
11:40:26
运行模式
时间设置
触点设置
确认
退出
F1
F2
F3
F4
K1
K2
K3
K4
ON/OFF


09 本控
自动运行
2009-05-26
11:40:26
运行模式
时间设置
触点设置
2009年05月26日
11时40分26秒
确认
退出
F1
F2
F3
F4
K1
K2
K3
K4
ON/OFF

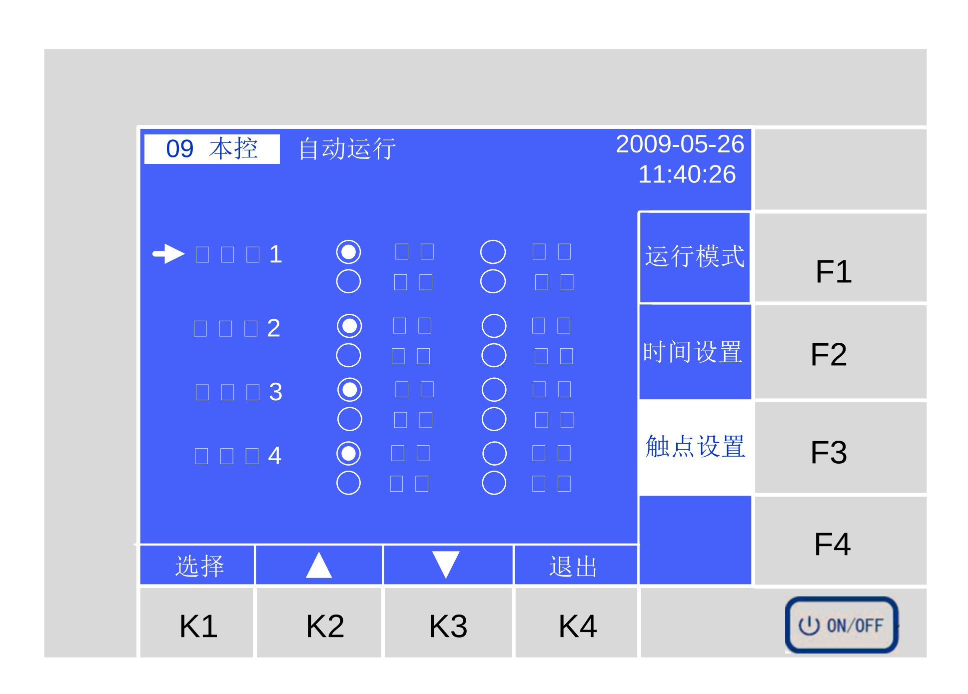


图 5.3 参数设置界面

信息查询包括运行时间和故障信息界面，见图 5.4



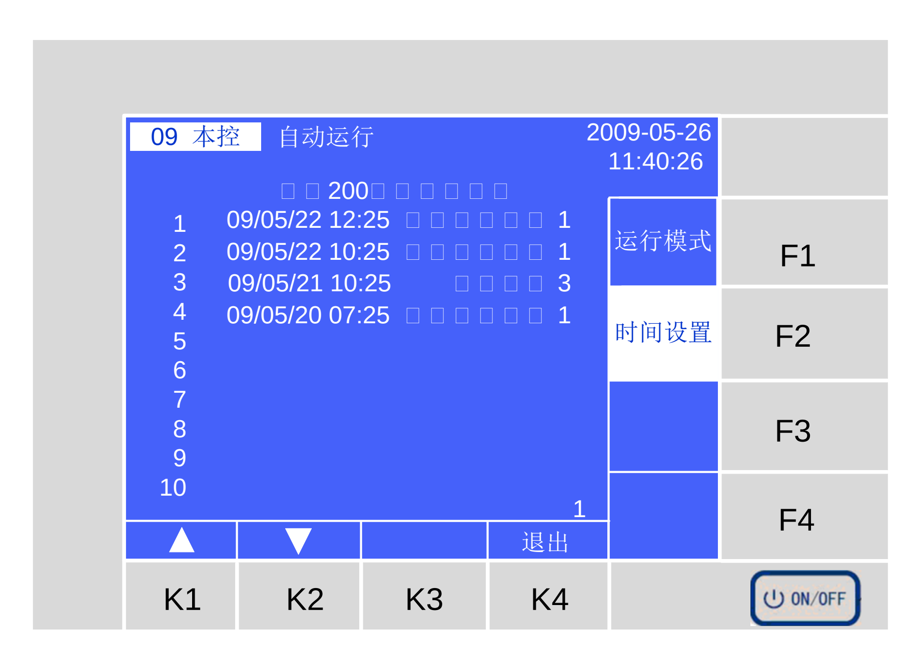


图 5.4 信息查询界面

6. 通电试运行

静止无功发生器 通电试运行必须按照如下操作进行！

警告： 试运行之前，必须保证您已经详细阅读并熟知静止无功发生器 的操作过程，并且一定要注意电解电容和直流母线！

试运行过程包括如下步骤：

① 安装检查

② 电源相序检查

③ 电流互感器检查

④ 准备好测试仪表

⑤ 启动静止无功发生器

⑥ 带载试验

⑦ 关闭静止无功发生器

6.1 安装检查

①检查静止无功发生器机柜是否安装平稳；

②检查静止无功发生器的安装电缆及电流互感器的电流采样线是否牢固；

③检查机柜及电流互感器的接地线是.否准确、牢固；

④检查输入接线端子-断路器-主接触器-电抗器-功率模块的连接是否牢固；

⑤检查功率模块的螺丝是否牢固；

⑥检查功率模块各部分的连接线是否牢固；

⑦检查液晶显示盒是否有连接线脱落；

⑧检查完毕后进入相序检查阶段。

6.2 相序检查

输入电压必须是**正相序**（A → B → C →A）连接。**错相会造成静止无功发生器不能正常运行！**

检查相序办法：①查线：静止无功发生器的相序与电网相序一致； ②用相序表检查

相序检查正确后进入互感器检查阶段

6.3 互感器检查

错误的互感器连接是造成静止无功发生器不能正常运行的最主要原因！

接线检查

按照下图检查互感器接线

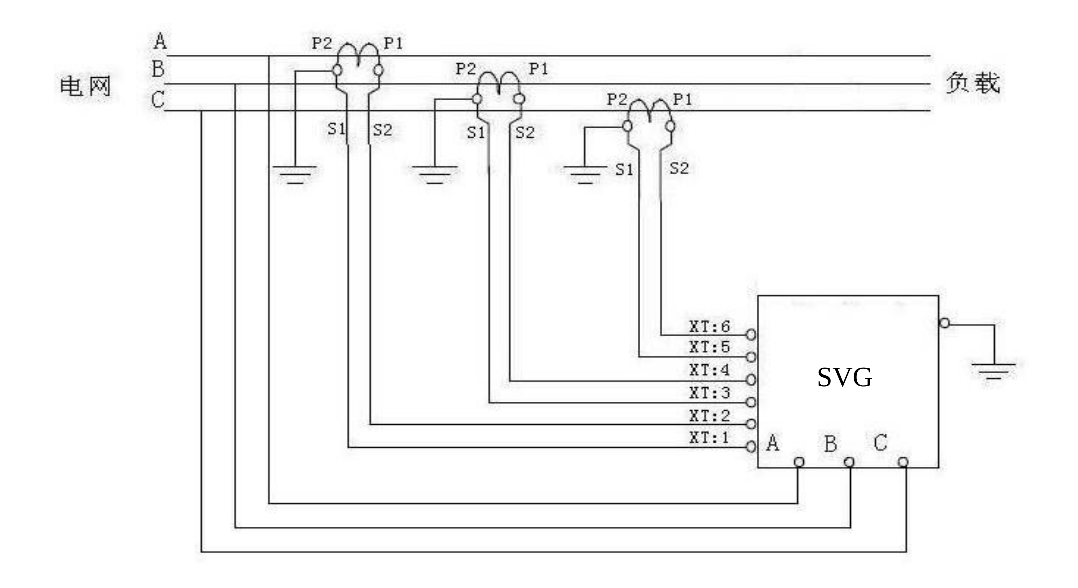


图 6.1 互感器接线图

互感器接线检查无误后方可进入启动静止无功发生器阶段

6.4 启动静止无功发生器

启动静止无功发生器，同时监测直流侧电压和主回路电流。

6.5 稳压试验

启动静止无功发生器，静止无功发生器应处于“待机状态”同时监测直流侧电压和主回路电流：

直流侧电压应该稳定在 1050V 左右

主回路电流 5A 左右，三相应该平衡。

6.6 带载试验

启动静止无功发生器，同时监测直流侧电压和主回路电流：直流侧电压应该稳定在 1050V 左右，用电流钳表检测三相电流，三相电流应该平衡。

注意：三相电流不能超出静止无功发生器输出的最大电流。

使用电能质量分析仪检测电网电流，测量位置在静止无功发生器靠近电网侧，检测静止无功发生器启动前后电流畸变率的变化。

6.7 关闭静止无功发生器

完成试验后，按照静止无功发生器的步骤关闭静止无功发生器。

7. 故障处理

静止无功发生器在启动后对关键电路和电气参数进行检测，如果控制系统检测到某个电路有故障或电气参数值超过了安全工作极限，控制系统将显示发生了故障，并停机。

常见故障信息及排除方法：

a） 参数设置错误

故障原因：调整参数超出规定范围。

处理办法：重新调整参数在规定范围内。

b）输出A相、B相或C相过热

故障原因：风机不转或环境温度过高。

处理方法：更换风机或降低环境温度。

c） 输出A相、B相或C相过流

故障原因：逆变器或驱动单元出现故障。

处理方法：更换逆变单元或驱动板。

d） 输出A相、B相或C相过载

故障原因：输出电流超出规定的保护阀值。

处理方法：减轻负载。

e） 输出A相、B相或C相驱动欠压

故障原因：驱动电压某一相掉电。

处理方法：检查三相驱动电压。

f） 直流母线过压

故障原因：直流电压检测信号错误

处理方法：检查直流电压检测板是否损坏

g） 谐波被放大

故障原因：输出电流信号跟踪

处理方法：检查输出电流信号检测线路和插座

h) 三相电流严重不平衡

故障原因：输出电流信号跟踪

处理方法：检查输出电流信号检测线路和插座

i） 直流侧电压不稳定

故障原因：直流电压检测信号错误

处理方法：检查直流电压检测板是否损坏

J） 稳压时电流很大

故障原因：指令信号和同步电压信号不同步

处理方法：调节控制板指令信号相位

k）静止无功发生器不能启动

故障原因：相序错误

处理方法：检查相序是否正确

如果按照上述操作未能解决问题，请与供应商联系。

8. 维护

静止无功发生器现场运行时免维护。静止无功发生器设备现场维护只能由合格的服务人员进行，并只限于设备及其部件的清洁和检查。所有的服务和维修工作应由服务技术人员或合格电气技术人员来进行。

8.1 日常维护程序

a) 检查断路器及熔丝；

b) 检查所有电力接驳点的松紧；

c) 检查隔离开关的接驳点及操作；

d) 检查周边温度；

e) 检查设备通风情况，清理风扇网罩上的积尘。

8.2 定期维护程序

每半年或更频繁些，应清洁和检查静止无功发生器设备。按以下步骤进行清洁和检查。

a） 按下操作面板上的“急停”按钮，断开静止无功发生器的进线断路器，在配电处关掉电源，确保电源不会被意外送上。

b） 电源断开10分钟后，检查功率模块部分的电解电容器上的电压应低于36V直流电压，如未满足上述条件，请不要在静止无功发生器内进行任何工作。

c） 用低压力的压缩空气小心的将静止无功发生器里的灰尘吹掉。

d） 检查控制连线有无松动现象。

e） 检查电气和机械连接牢固性。

f） 检查所有导线有无各种原因引起的损伤现象。

g） 检查印制电路板上器件有无异常。

h） 检查风机工作是否正常。

i） 检查完毕后，接通电源。

j） 充电：（接通电源后，将空气断路器合闸）顺时针旋转“急停”按钮，主电路会向直流侧电容充电，直流侧电压稳定后，约为1050V，此时静止无功发生器应设置为“待机状态”。

注意：此操作一定要注意人身安全和不能造成短路！

k) 运行静止无功发生器。

9. 售后服务

本公司产品保修一年，保修期从产品售出之日算起。若保修期内产品出现故障或零件损坏，经本公司技术人员鉴定属于正常使用下所发生的，本公司将提供免费维修。

如下情形，将收取材料成本及维修工时费用：

（1）未按使用手册中的规定所导致的损坏状况；

（2）擅自拆焊零件或修改而导致的损坏状况；

（3）运行超过“三包”期限；